

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-204013

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月30日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

H 0 1 H 59/00

H 0 1 H 59/00

H 0 3 K 17/965

H 0 3 K 17/965

Z

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-8436

(22) 出願日 平成10年(1998) 1月20日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 枚田 明彦

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 町田 克之

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 前田 正彦

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 山川 政樹

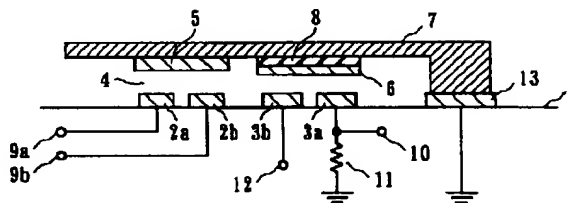
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 静電型可動接点素子及び論理演算装置

(57) 【要約】

【課題】 1つの静電型可動接点素子で複数入力の論理演算を実現する。

【解決手段】 支持梁7には、可動部駆動用電極2a、2bと対向するように可動吸引電極5が設けられ、固定コンタクト電極3a、3bと対向するように可動コンタクト電極6が設けられている。電極2a、2bの面積をS1、S2とし、支持梁7の駆動に必要な可動部駆動用電極の面積をSVとしたとき、 $S1, S2 < SV < S1 + S2$ となるように電極2a、2bの面積を設定する。可動部駆動用電極2a、2bの両方に所定の電圧を印加した場合、電極2a、2bと電極5との間の静電引力によって支持梁7がたわんで、電極3a、3bと電極6とが接触する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基体に設けられた可動部駆動用電極と、
基体に設けられた固定接点となる固定コンタクト電極と、

基体に一部が固定された支持梁と、
可動部駆動用電極と対向するように支持梁に設けられた可動吸引電極と、

固定コンタクト電極と対向するように支持梁に設けられた可動接点となる可動コンタクト電極とを備え、可動部駆動用電極と可動吸引電極間の静電引力により支持梁を動かして固定コンタクト電極と可動コンタクト電極とからなる接点を開閉する静電型可動接点素子であって、前記可動部駆動用電極は、基体上に複数設けられたものであり、各電極が同一の面積を有するものであることを特徴とする静電型可動接点素子。

【請求項 2】 基体に設けられた可動部駆動用電極と、
基体に設けられた固定接点となる固定コンタクト電極と、

基体に一部が固定された支持梁と、
可動部駆動用電極と対向するように支持梁に設けられた可動吸引電極と、

固定コンタクト電極と対向するように支持梁に設けられた可動接点となる可動コンタクト電極とを備え、可動部駆動用電極と可動吸引電極間の静電引力により支持梁を動かして固定コンタクト電極と可動コンタクト電極とからなる接点を開閉する静電型可動接点素子であって、前記可動部駆動用電極は、基体上に複数設けられたものであり、各電極が異なる面積を有するものであることを特徴とする静電型可動接点素子。

【請求項 3】 請求項 1 において、
前記静電型可動接点素子は、2つの前記可動部駆動用電極を有し、この第1、第2の可動部駆動用電極の面積を $S1$ 、 $S2$ とし、可動部駆動用電極への所定の印加電圧に対して前記支持梁の駆動に必要な可動部駆動用電極の面積を SV としたとき、 $S1$ 、 $S2 < SV < S1 + S2$ となるように可動部駆動用電極の面積が設定されたものであり、第1、第2の可動部駆動用電極の両方に前記所定の電圧を印加した場合にのみ前記接点の状態が変わるようにしたことを特徴とする静電型可動接点素子。

【請求項 4】 請求項 1 において、
前記静電型可動接点素子は、2つの前記可動部駆動用電極を有し、この第1、第2の可動部駆動用電極の面積を $S1$ 、 $S2$ とし、可動部駆動用電極への所定の印加電圧に対して前記支持梁の駆動に必要な可動部駆動用電極の面積を SV としたとき、 $SV < S1$ 、 $S2$ となるように可動部駆動用電極の面積が設定されたものであり、第1、第2の可動部駆動用電極の少なくとも一方に前記所定の電圧を印加した場合に前記接点の状態が変わるようにしたことを特徴とする静電型可動接点素子。

【請求項 5】 請求項 1 あるいは請求項 2 において、

前記静電型可動接点素子は、可動部駆動用電極への所定の印加電圧に対して前記支持梁の駆動に必要な可動部駆動用電極の面積を SV としたとき、前記所定の電圧が印加された可動部駆動用電極の面積の合計が面積 SV を超えた場合のみ前記接点の状態が変わるように、各可動部駆動用電極の面積及び個数が設定されたものであることを特徴とする静電型可動接点素子。

【請求項 6】 請求項 5 記載の静電型可動接点素子のうち各可動部駆動用電極の面積が同一である静電型可動接点素子を備えた複数入力論理演算装置において、入力信号が与えられた可動部駆動用電極の数に応じて演算結果が出力されることを特徴とする論理演算装置。

【請求項 7】 請求項 5 記載の静電型可動接点素子のうち各可動部駆動用電極の面積が異なる静電型可動接点素子を備えた複数入力論理演算装置において、可動部駆動用電極に与えられる各入力信号に対して各可動部駆動用電極の面積に比例する重み関数をかけた演算結果が出力されることを特徴とする論理演算装置。

【請求項 8】 請求項 5 記載の静電型可動接点素子を備えた複数入力論理演算装置において、AND、OR、NAND、NOR 等の論理演算を1つの静電型可動接点素子で実現することを特徴とする論理演算装置。

【請求項 9】 請求項 5 記載の静電型可動接点素子を備えた複数入力論理演算装置において、多数決論理の演算を1つの静電型可動接点素子で実現することを特徴とする論理演算装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、1つの素子で論理演算を実現する静電型可動接点素子、及び静電型可動接点素子を用いた論理演算装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、ICプロセス技術を活用することにより、半導体基板上に微細な梁構造を作製することで、半導体センサやアクチュエータなど、可動部を有する微小機械素子を作製した例が多数報告されている。この手法により形成された微小機械素子は、基本的にはLSI製造と同じ技術により形成されるため、微小機械素子の駆動回路、あるいは検出回路との集積が容易であること、大量生産が可能であるため、製造コストが安価なこと、及び微細構造を容易に形成できること等の利点を有する。

【0003】 特に、論理回路を実現するための主要部品であるスイッチをマイクロマシン技術により形成する研究は精力的に進められてきた。この中で、静電引力を利用して接点の開閉を行う静電型可動接点素子は、製作プロセスが従来のSiプロセスと整合性が良いこと等から有望な技術と考えられる（参考文献：“Dynamic Micromechanics on Silicon: Technique and Devices” IEEE Tr

ans. Electron Devices, ED-25, No 10, (1978)1241.)。

【0004】図8(a)は従来の静電型可動接点素子の断面図である。この静電型可動接点素子では、絶縁性基体21の上に可動部駆動用電極22及び固定コンタクト電極23a、23bが設けられている。また、絶縁性基体21の上に接続部33が設けられ、接続部33の上に支持梁27が設けられている。一方が接続部33を介して基体21に固定された支持梁27の固定されていない方の下面には、微小空隙24を隔てて可動部駆動用電極22と対向するように可動吸引電極25が設けられると共に、微小空隙24を隔てて固定コンタクト電極23a、23bと対向するように可動コンタクト電極26が設けられている。可動部駆動用電極22は、入力端子29に接続されている。固定コンタクト電極23aは、出力端子30に接続されると共に抵抗31を介して接地され、固定コンタクト電極23bは、直流電源32に接続されている。また、接続部33は接地されている。

【0005】可動コンタクト電極26と支持梁27との間には絶縁膜28が形成されているため、可動コンタクト電極26は、支持梁27とは絶縁されている。また、可動吸引電極25は支持梁27の下面に直接形成されているので、可動吸引電極25と支持梁27は導通しており、これにより可動吸引電極25は接地されている。可動部駆動用電極22－可動吸引電極25間に電圧を印加すると、静電引力が発生して両電極が引き合う。この結果、図8(b)に示すように、支持梁27がたわみ、可動コンタクト電極26と固定コンタクト電極23a、23bが接触することにより接点が閉じる。電圧印加を停止すると、支持梁27の弾性力で可動コンタクト電極26が元の位置に戻ることに伴い、接点が開放する。

【0006】図9にこの静電型可動接点素子を使用したNAND及びNORの論理回路を示す。図9(a)の論理回路はNAND論理を実現する論理回路であり、図9(b)の論理回路はNOR論理を実現する論理回路である。同図において、41a及び41bが静電型可動接点素子、42a及び42bが入力端子、43が出力端子、44が抵抗、45が直流電源である。図9に示すように、図8の静電型可動接点素子を使用してNANDやNOR等の論理回路を組むためには、通常のスイッチと同様、2個のスイッチが必要である。さらに、3個以上の入力信号に対する論理を実現するためには、入力信号の数に相当するスイッチの数が必要となる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】静電型可動接点素子には、MOSFETで形成したスイッチと比較した場合、低抵抗であるという利点がある。しかし、占有面積は数千 μm^2 以上とかなり大きい。このため、一つの論理回路を実現するために複数の静電型可動接点素子を使用すると、論理回路の占有する面積が大きくなる。この結果、静電型可動接点素子を使用した論理回路では、微細

化及び高集積化が困難であるという問題点があった。本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、1つの素子でNANDやNOR等の論理演算を実現する静電型可動接点素子及び論理演算装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、請求項1に記載のように、基体に設けられた可動部駆動用電極と、基体に設けられた固定接点となる固定コンタクト電極と、基体に一部が固定された支持梁と、可動部駆動用電極と対向するように支持梁に設けられた可動吸引電極と、固定コンタクト電極と対向するように支持梁に設けられた可動接点となる可動コンタクト電極とを備え、可動部駆動用電極と可動吸引電極間の静電引力により支持梁を動かして固定コンタクト電極と可動コンタクト電極とからなる接点を開閉する静電型可動接点素子であって、上記可動部駆動用電極が、基体上に複数設けられたものであり、各電極が同一の面積を有するものである。このように、可動吸引電極間を引き寄せるための可動部駆動用電極を複数に分割し、その各々の可動部駆動用電極に独立に電圧を印加できるようにした。この構造では、電圧が印加される可動部駆動用電極の数が増えれば、静電引力の働く電極の面積も異なる。この結果、電圧が印加される可動部駆動用電極の数により接点の開閉が制御可能になり、複数入力論理演算が実現できる。また、請求項2に記載のように、上記可動部駆動用電極が、基体上に複数設けられたものであり、各電極が異なる面積を有するものである。

【0009】また、請求項3に記載のように、上記静電型可動接点素子は、2つの上記可動部駆動用電極を有し、この第1、第2の可動部駆動用電極の面積を S_1 、 S_2 とし、可動部駆動用電極への所定の印加電圧に対して上記支持梁の駆動に必要な可動部駆動用電極の面積を SV としたとき、 S_1 、 $S_2 < SV < S_1 + S_2$ となるように可動部駆動用電極の面積が設定されたものであり、第1、第2の可動部駆動用電極の両方に上記所定の電圧を印加した場合にのみ上記接点の状態が変わるようにしたものである。また、請求項4に記載のように、上記静電型可動接点素子は、2つの上記可動部駆動用電極を有し、この第1、第2の可動部駆動用電極の面積を S_1 、 S_2 とし、可動部駆動用電極への所定の印加電圧に対して上記支持梁の駆動に必要な可動部駆動用電極の面積を SV としたとき、 $SV < S_1$ 、 S_2 となるように可動部駆動用電極の面積が設定されたものであり、第1、第2の可動部駆動用電極の少なくとも一方に上記所定の電圧を印加した場合に上記接点の状態が変わるようにしたものである。また、請求項5に記載のように、上記静電型可動接点素子は、可動部駆動用電極への所定の印加電圧に対して上記支持梁の駆動に必要な可動部駆動用電極の面積を SV としたとき、上記所定の電圧が印加され

た可動部駆動用電極の面積の合計が面積SVを超えた場合のみ上記接点の状態が変わるように、各可動部駆動用電極の面積及び個数が設定されたものである。

【0010】また、請求項6に記載のように、請求項5記載の静電型可動接点素子のうち各可動部駆動用電極の面積が同一である静電型可動接点素子を備えた複数入力の論理演算装置において、入力信号が与えられた可動部駆動用電極の数に応じて演算結果が出力されることを特徴とするものである。また、請求項7に記載のように、請求項5記載の静電型可動接点素子のうち各可動部駆動用電極の面積が異なる静電型可動接点素子を備えた複数入力の論理演算装置において、可動部駆動用電極に与えられる各入力信号に対して各可動部駆動用電極の面積に比例する重み関数をかけた演算結果が出力されることを特徴とするものである。また、請求項8に記載のように、AND、OR、NAND、NOR等の論理演算を1つの静電型可動接点素子で実現するものである。また、請求項9に記載のように、多数決論理の演算を1つの静電型可動接点素子で実現するものである。

【0011】

【発明の実施の形態】〔第1の実施の形態〕次に、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。図1は、本発明の第1の実施の形態となる、AND論理を実現する静電型可動接点素子の断面図である。本実施の形態の静電型可動接点素子では、絶縁性基体1の上に可動部駆動用電極2a、2b及び固定コンタクト電極3a、3bが設けられている。また、絶縁性基体1の上に接続部13が設けられ、接続部13の上に支持梁7が設けられている。

【0012】このように、一方が接続部13を介して基体1に固定された支持梁7の固定されていない他方の下面には、微小空隙4を隔てて可動部駆動用電極2a、2bと対向するように可動吸引電極5が設けられると共に、微小空隙4を隔てて固定コンタクト電極3a、3bと対向するように可動コンタクト電極6が設けられている。

【0013】可動部駆動用電極2a、2bは、入力端子9a、9bにそれぞれ接続されている。固定コンタクト電極3aは、出力端子10に接続されると共に抵抗11を介して接地され、固定コンタクト電極3bは、出力電圧が5Vの直流電源12に接続されている。また、接続部13は接地されている。

【0014】なお、可動コンタクト電極6と支持梁7との間には絶縁膜8が形成されているため、可動コンタクト電極6は、支持梁7とは絶縁されている。また、可動吸引電極5は支持梁7の下面に直接形成されているので、可動吸引電極5と支持梁7は導通しており、これにより可動吸引電極5は、支持梁7、接続部13を介して接地されている。

【0015】本実施の形態では、可動吸引電極5、可動

部駆動用電極2a、2b、支持梁7及び接続部13をアルミニウムにより形成し、固定コンタクト電極3a、3b及び可動コンタクト電極6を金により形成した。各電極の膜厚は、 $0.5\mu\text{m}$ である。

【0016】そして、可動コンタクト電極6の面積を $6\mu\text{m}\times 14\mu\text{m}$ 、固定コンタクト電極3a、3bの面積を $4\mu\text{m}\times 5\mu\text{m}$ 、可動吸引電極5の面積を $7\mu\text{m}\times 10\mu\text{m}$ 、可動部駆動用電極2a、2bの面積を各々 $3\mu\text{m}\times 10\mu\text{m}$ とした。以下、可動部駆動用電極2a、2bの面積をそれぞれS1、S2とする。また、支持梁7の幅を $10\mu\text{m}$ 、長さを $15\mu\text{m}$ 、厚さを $0.5\mu\text{m}$ とした。

【0017】なお、静電引力の発生時に可動吸引電極5と可動部駆動用電極2a、2bとが接触すると、静電引力が消失してしまうので、静電引力が働いていないときの微小空隙4の厚さ方向（図1上下方向）の大きさは、固定コンタクト電極3a、3bと可動コンタクト電極6間よりも可動部駆動用電極2a、2bと可動吸引電極5間の方が大きくなるように設定されている。

【0018】これにより、静電引力が生じて固定コンタクト電極3a、3bと可動コンタクト電極6とが接触しても、可動部駆動用電極2a、2bと可動吸引電極5は接触しないようになっている。本実施の形態では、微小空隙4の厚さ方向の大きさを、可動部駆動用電極2a、2bと可動吸引電極5間において $0.4\mu\text{m}$ としている。

【0019】図2に、可動部駆動用電極の面積と可動部を駆動するために必要な直流電圧との関係を示す。図2から明らかなように、可動部駆動用電極に15Vの直流電圧を印加する場合、支持梁7をたわませるのに必要な静電引力を得るための可動部駆動用電極の面積の合計SVは $40\mu\text{m}^2$ 以上である。

【0020】したがって、入力端子9a、9bの両方に信号として直流電圧15Vを入力すると、可動部駆動用電極2a、2bのうち電圧が印加される可動部駆動用電極の総面積SRは $S1+S2$ 、すなわち $60\mu\text{m}^2$ となり、 $SV<SR$ となるので、支持梁7をたわませるのに十分な静電引力が可動部駆動用電極2a、2bと可動吸引電極5との間に生じる。

【0021】この静電引力により可動吸引電極5が可動部駆動用電極2a、2bの方に引き寄せられて支持梁7がたわみ、可動コンタクト電極6と固定コンタクト電極3a、3bとが接触する。この結果、固定コンタクト電極3aと3bは、可動コンタクト電極6を介して接続されるので、直流電源12からの電圧5Vが出力端子10に供給される。こうして、出力端子10に出力される電圧は5Vとなる。

【0022】一方、入力端子9a、9bの何れか一方のみに直流電圧15Vを入力した場合、あるいは入力端子9a、9bのどちらにも電圧を入力しない場合には、可

10

20

30

40

50

動部駆動用電極2a、2bのうち電圧が印加される可動部駆動用電極の総面積SRは0あるいは $30\mu\text{m}^2$ となり、 $SR < SV$ となるので、支持梁7をたわませるのに必要な静電引力が得られない。したがって、固定コンタクト電極3a-3b間は導通しないので、出力端子10に出力される電圧は0Vとなる。

【0023】以上のように、本実施の形態の静電型可動接点素子は、入力端子9a、9bの両方に「1」を表す「H」レベルの信号（本実施の形態では15V）が入力されると、「1」を表す「H」レベル（5V）を出力し、入力端子9a、9bの少なくとも一方に「0」を表す「L」レベルの信号（電圧を供給しないため0V）が入力されると、「0」を表す「L」レベル（0V）を出力する。こうして、1つの静電型可動接点素子により、AND論理を実現することができる。

【0024】なお、本実施の形態では、可動吸引電極5の面積を $7\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ 、可動部駆動用電極2a、2bの面積を各々 $3\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ とした。しかし、 $S1$ 、 $S2 < SV < S1 + S2$ が成り立つように面積 $S1$ 、 $S2$ 、 SV を設定すれば、他の大きさでも構わないことは言うまでもない。

【0025】また、本実施の形態では、可動吸引電極5及び可動部駆動用電極2a、2bをアルミニウムにより形成したが、導電体であれば他の材料であっても構わない。同様に、固定コンタクト電極3a、3b及び可動コンタクト電極6を金により形成したが、両者が接触した際に導通が生じる導電体であれば他の材料を用いても構わない。

【0026】また、支持梁7及び接続部13をアルミニウムにより形成したが、導電体あるいは絶縁体でも構わない。ただし、支持梁7あるいは接続部13に絶縁体を用いた場合は、可動吸引電極5に電圧を印加できるように配線を引き出す構造にする必要がある。

【0027】[第2の実施の形態]次に、本発明の第2の実施の形態を示す。図3は、本発明の第2の実施の形態となる、NAND論理を実現する静電型可動接点素子の断面図である。本実施の形態の静電型可動接点素子では、固定コンタクト電極3bは、出力端子10に接続されると共に抵抗11を介して直流電源12に接続され、固定コンタクト電極3aは、接地されている。その他の構成は図1と同様である。

【0028】以上の構成で、入力端子9a、9bの両方に信号として直流電圧15Vを入力すると、第1の実施の形態と同様に、静電引力により可動吸引電極5が可動部駆動用電極2a、2bの方に引き寄せられて支持梁7がたわみ、可動コンタクト電極6と固定コンタクト電極3a、3bとが接触する。この結果、固定コンタクト電極3aと3bは、可動コンタクト電極6を介して接続されるので、出力端子10は固定コンタクト電極3b、可動コンタクト電極6、固定コンタクト電極3aを介して

接地される。したがって、出力端子10に出力される電圧は0Vとなる。

【0029】一方、入力端子9a、9bの何れか一方のみに直流電圧15Vを入力した場合、あるいは入力端子9a、9bのどちらにも電圧を入力しない場合には、支持梁7をたわませるのに必要な静電引力が得られないため、固定コンタクト電極3a-3b間は導通しない。この結果、抵抗11を介して直流電源12からの電圧5Vが出力端子10に供給される。こうして、出力端子10に出力される電圧は5Vとなる。

【0030】以上のように、本実施の形態の静電型可動接点素子は、入力端子9a、9bの両方に「1」を表す「H」レベルの信号が入力されると、「0」を表す「L」レベルを出力し、入力端子9a、9bの少なくとも一方に「0」を表す「L」レベルの信号が入力されると、「1」を表す「H」レベルを出力する。こうして、1つの静電型可動接点素子により、NAND論理を実現することができる。

【0031】[第3の実施の形態]次に、本発明の第3の実施の形態を示す。図4は、本発明の第3の実施の形態となる、OR論理を実現する静電型可動接点素子の断面図である。本実施の形態の静電型可動接点素子では、絶縁性基体1の上に可動部駆動用電極2c、2dを設け、この可動部駆動用電極2c、2dを入力端子9a、9bにそれぞれ接続しているが、可動部駆動用電極2c、2dの面積を各々 $5\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ としている。

【0032】また、支持梁7の固定されていない方の下面には、微小空隙4を隔てて可動部駆動用電極2c、2dと対向するように可動吸引電極5aが設けられているが、この可動吸引電極5aの面積を $11\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ としている。その他の構成は図1と同様である。本実施の形態においても、可動部駆動用電極に15Vの直流電圧を印加する場合、支持梁7をたわませるのに必要な静電引力を得るための可動部駆動用電極の面積の合計SVは $40\mu\text{m}^2$ 以上である。

【0033】以上の構成で、入力端子9a、9bの少なくとも一方に信号として直流電圧15Vを入力すると、可動部駆動用電極2c、2dのうち電圧が印加される可動部駆動用電極の総面積SRは50あるいは $100\mu\text{m}^2$ となり、 $SV < SR$ となるので、支持梁7をたわませるのに十分な静電引力が可動部駆動用電極2c、2dと可動吸引電極5aとの間に生じる。

【0034】この静電引力により可動吸引電極5aが可動部駆動用電極2c、2dの方に引き寄せられて支持梁7がたわみ、可動コンタクト電極6と固定コンタクト電極3a、3bとが接触する。この結果、固定コンタクト電極3aと3bは、可動コンタクト電極6を介して接続されるので、直流電源12からの電圧5Vが出力端子10に供給される。こうして、出力端子10に出力される電圧は5Vとなる。

【0035】一方、入力端子9a、9bのどちらにも電圧を入力しない場合には、電圧が印加される可動部駆動用電極の総面積SRは0となり、 $SR < SV$ となるので、支持梁7をたわませるのに必要な静電引力が得られない。したがって、固定コンタクト電極3a-3b間は導通しないので、出力端子10に出力される電圧は0Vとなる。

【0036】以上のように、本実施の形態の静電型可動接点素子は、入力端子9a、9bの少なくとも一方に「1」を表す「H」レベルの信号が入力されると、「1」を表す「H」レベルを出力し、入力端子9a、9bの両方に「0」を表す「L」レベルの信号が入力されると、「0」を表す「L」レベルを出力する。こうして、1つの静電型可動接点素子により、OR論理を実現することができる。

【0037】なお、本実施の形態では、可動吸引電極5aの面積を $11\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ 、可動部駆動用電極2c、2dの面積を各々 $5\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ とした。しかし、可動部駆動用電極2c、2dの面積をそれぞれS3、S4としたとき、 $SV < S3$ 、S4が成り立つようにS3、S4、SVを設定すれば、他の大きさでも構わないことは言うまでもない。

【0038】〔第4の実施の形態〕次に、本発明の第4の実施の形態を示す。図5は、本発明の第4の実施の形態となる、NOR論理を実現する静電型可動接点素子の断面図である。本実施の形態の静電型可動接点素子では、固定コンタクト電極3bは、出力端子10に接続されると共に抵抗11を介して直流電源12に接続され、固定コンタクト電極3aは、接地されている。その他の構成は図4と同様である。

【0039】以上の構成で、入力端子9a、9bの少なくとも一方に信号として直流電圧15Vを入力すると、第3の実施の形態と同様に、静電引力により可動吸引電極5aが可動部駆動用電極2c、2dの方に引き寄せられて支持梁7がたわみ、可動コンタクト電極6と固定コンタクト電極3a、3bとが接触する。この結果、固定コンタクト電極3aと3bは、可動コンタクト電極6を介して接続されるので、出力端子10は固定コンタクト電極3b、可動コンタクト電極6、固定コンタクト電極3aを介して接地される。したがって、出力端子10に出力される電圧は0Vとなる。

【0040】一方、入力端子9a、9bのどちらにも電圧を入力しない場合には、支持梁7をたわませるのに必要な静電引力が得られないため、固定コンタクト電極3a-3b間は導通しない。この結果、抵抗11を介して直流電源12からの電圧5Vが出力端子10に供給される。こうして、出力端子10に出力される電圧は5Vとなる。

【0041】以上のように、本実施の形態の静電型可動接点素子は、入力端子9a、9bの少なくとも一方に

「1」を表す「H」レベルの信号が入力されると、「0」を表す「L」レベルを出力し、入力端子9a、9bの両方に「0」を表す「L」レベルの信号が入力されると、「1」を表す「H」レベルを出力する。こうして、1つの静電型可動接点素子により、NOR論理を実現することができる。

【0042】〔第5の実施の形態〕次に、本発明の第5の実施の形態を示す。図6は、本発明の第5の実施の形態となる、3値入力AND論理を実現する静電型可動接点素子の断面図である。本実施の形態の静電型可動接点素子では、絶縁性基体1の上に可動部駆動用電極2e、2f、2gを設け、この可動部駆動用電極2e、2f、2gを入力端子9a、9b、9cにそれぞれ接続しており、可動部駆動用電極2e、2f、2gの面積S5、S6、S7を各々 $15\mu\text{m}^2$ としている。その他の構成は図1と同様である。

【0043】以上の構成で、入力端子9a、9b、9cの全てに信号として直流電圧15Vを入力すると、電圧が印加される可動部駆動用電極の総面積SRは $S5 + S6 + S7$ 、すなわち $45\mu\text{m}^2$ となり、 $SV < SR$ となるので、支持梁7をたわませるのに十分な静電引力が可動部駆動用電極2e、2f、2gと可動吸引電極5との間に生じる。

【0044】この静電引力により支持梁7がたわみ、可動コンタクト電極6と固定コンタクト電極3a、3bとが接触する。この結果、固定コンタクト電極3aと3bは、可動コンタクト電極6を介して接続されるので、直流電源12からの電圧5Vが出力端子10に供給される。こうして、出力端子10に出力される電圧は5Vとなる。

【0045】一方、入力端子9a、9b、9cの少なくとも1つに電圧を入力しない場合には、 $SR < SV$ となるので、支持梁7をたわませるのに必要な静電引力が得られない。したがって、固定コンタクト電極3a-3b間は導通しないので、出力端子10に出力される電圧は0Vとなる。

【0046】以上のように、本実施の形態の静電型可動接点素子は、入力端子9a、9b、9cの全てに「1」を表す「H」レベルの信号が入力されると、「1」を表す「H」レベルを出力し、入力端子9a、9b、9cの少なくとも1つに「0」を表す「L」レベルの信号が入力されると、「0」を表す「L」レベルを出力する。こうして、1つの静電型可動接点素子により、3値入力のAND論理を実現することができる。

【0047】なお、本実施の形態では、3値入力のAND論理を実現する例を示した。しかし、可動部駆動用電極2e、2f、2gの面積S5、S6、S7を各々 $50\mu\text{m}^2$ とすると、3値入力のOR論理を実現できることは言うまでもない。また、目的とするSRとSVの関係を選択することにより、3値以上の入力に対しての論理

演算も可能である。

【0048】〔第6の実施の形態〕次に、本発明の第6の実施の形態を示す。図7は、本発明の第6の実施の形態となる、NAND論理を実現する静電型可動接点素子の断面図である。本実施の形態の静電型可動接点素子では、絶縁性基体1の上に導電体からなる接続部14a、14bが設けられ、接続部14a、14bの上に導電体からなるコンタクト電極支持部15a、15bがそれぞれ設けられている。このコンタクト電極支持部15a、15bによって固定コンタクト電極3a、3bが支えら

れている。
【0049】また、一方が接続部13を介して基体1に固定された支持梁7の固定されていない他方の上面には絶縁膜8aが形成され、絶縁膜8aの上に可動コンタクト電極6aが形成されている。接続部14aは出力端子10に接続されると共に抵抗11を介して接地され、接続部14bは直流電源12に接続されている。

【0050】したがって、固定コンタクト電極3aは、コンタクト電極支持部15a、接続部14aを介して出力端子10及び抵抗11に接続され、固定コンタクト電極3bは、コンタクト電極支持部15b、接続部14bを介して直流電源12に接続される。本実施の形態では、第1～第5の実施の形態がNO(Normally Open)の接点を提供するのに対し、NC(Normally Close)の接点を提供する。つまり、可動コンタクト電極6は、通常、固定コンタクト電極3a、3bと接触している。

【0051】以上の構成で、入力端子9a、9bの両方に信号として直流電圧15Vを入力すると、第1の実施の形態と同様に、静電引力により可動吸引電極5が可動部駆動用電極2a、2bの方に引き寄せられて支持梁7がたわむ。この結果、可動コンタクト電極6と固定コンタクト電極3a、3bとが離れるので、出力端子10は抵抗11を介して接地される。したがって、出力端子10に出力される電圧は0Vとなる。

【0052】一方、入力端子9a、9bの何れか一方のみに直流電圧15Vを入力した場合、あるいは入力端子9a、9bのどちらにも電圧を入力しない場合には、支持梁7をたわませるのに必要な静電引力が得られないため、可動コンタクト電極6と固定コンタクト電極3a、3bとは接触したままである。この結果、固定コンタクト電極3aと3bは、可動コンタクト電極6を介して接続されるので、直流電源12からの電圧5Vが出力端子10に供給される。こうして、出力端子10に出力される電圧は5Vとなる。

【0053】以上のように、本実施の形態の静電型可動接点素子は、入力端子9a、9bの両方に「1」を表す「H」レベルの信号が入力されると、「0」を表す「L」レベルの出力し、入力端子9a、9bの少なくとも一方に「0」を表す「L」レベルの信号が入力されると、「1」を表す「H」レベルの出力する。こうして、

1つの静電型可動接点素子により、NAND論理を実現することができる。

【0054】なお、以上の実施の形態では、ANDやOR等の基本論理演算を実現してきたが、本発明の静電型可動接点素子を使用すれば、多数決論理などその他の論理演算を実現できることは言うまでもない。また、各可動部駆動用電極を全て同じ面積としたが、各可動部駆動用電極の面積を変えることにより各入力信号に重み関数をかけた入力に対する論理演算を行う論理演算装置を実現することが可能であることは言うまでもない。

【0055】ところで、上述の実施の形態では、断面図で説明する都合上、各電極や支持梁等を横一列に並べたが、これらは2次元平面上で考えればより自由な配置が可能であることは言うまでもない。また、以上の実施の形態では、支持梁7の片側だけを基体1に固定しているが、両側を固定した梁構造でも良いことは言うまでもない。そして、支持梁7の本数も一方向に一本とは限らず、複数本の梁を用いるようにしても良い。

【0056】また、上述の全ての実施の形態では、可動部を駆動するための所定の電圧を15Vとしたが、電圧を印加する電極の数によって接点の開閉を制御できる電圧、あるいはスイッチの構造であれば、他の電圧でも良い。また、対向する電極間に電圧を印加して可動部を有する電極を引き寄せることにより、接点の開閉を行う形態の静電型可動接点素子であれば、他の構造であっても構わないことは言うまでもない。

【0057】

【発明の効果】本発明によれば、1つの静電型可動接点素子によりNANDやNOR等の複数入力の論理演算を実現することができる。その結果、本発明によれば以下の効果が得られる。

(1) 1つの静電型可動接点素子によりNANDやNOR等の複数入力の論理演算が実現可能なため、基板上での素子の占有面積を縮小できる。

(2) 入力端子を3つ以上にすることが可能なため、 $A \cdot B \cdot C$ や $A + B + C$ 等、3つ以上の入力に対するNANDやNOR等の論理演算を1つの静電型可動接点素子で実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施の形態となる、AND論理を実現する静電型可動接点素子の断面図である。

【図2】 可動部駆動用電極の面積と可動部を駆動するために必要な直流電圧との関係を示す図である。

【図3】 本発明の第2の実施の形態となる、NAND論理を実現する静電型可動接点素子の断面図である。

【図4】 本発明の第3の実施の形態となる、OR論理を実現する静電型可動接点素子の断面図である。

【図5】 本発明の第4の実施の形態となる、NOR論理を実現する静電型可動接点素子の断面図である。

【図6】 本発明の第5の実施の形態となる、3値入力

13

のAND論理を実現する静電型可動接点素子の断面図である。

【図7】 本発明の第6の実施の形態となる、NAND論理を実現する静電型可動接点素子の断面図である。

【図8】 従来の静電型可動接点素子の断面図である。

【図9】 図8の静電型可動接点素子を使用したNAND及びNORの論理回路の回路図である。

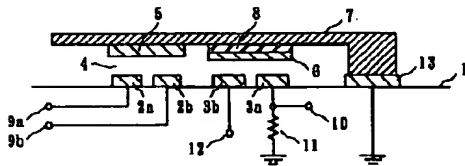
【符号の説明】

*

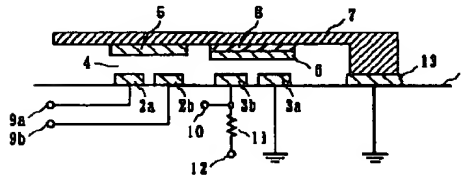
14

* 1…絶縁性基体、2a、2b、2c、2d、2e、2f、2g…可動部駆動用電極、3a、3b…固定コンタクト電極、4…微小空隙、5、5a…可動吸引電極、6、6a…可動コンタクト電極、7…支持梁、8、8a…絶縁膜、9a、9b、9c…入力端子、10…出力端子、11…抵抗、12…直流電源、13、14a、14b…接続部、15a、15b…コンタクト電極支持部。

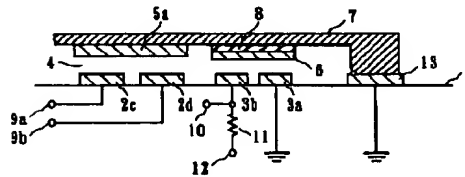
【図1】



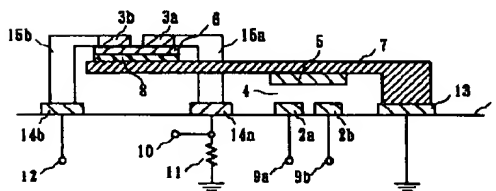
【図3】



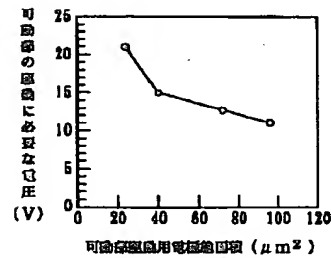
【図5】



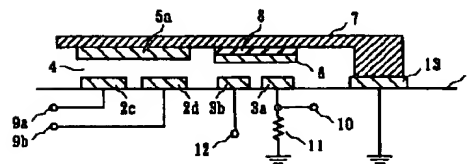
【図7】



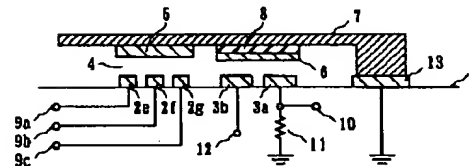
【図2】



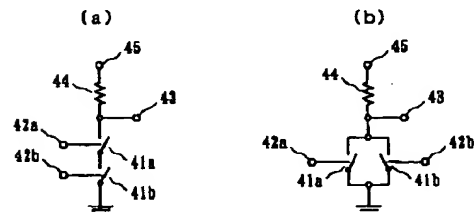
【図4】



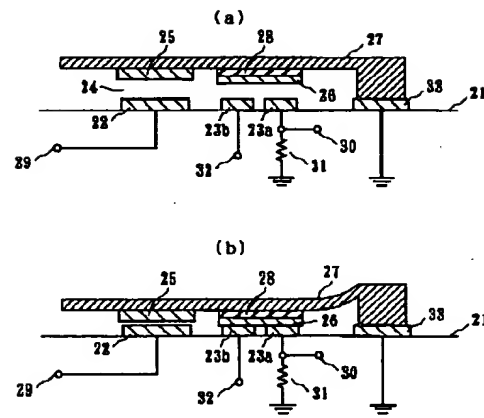
【図6】



【図9】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 久良木 億
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内